

THESIS

BERLIN

1965

Aus der I. Inneren Abteilung des Städtischen Krankenhauses
Berlin-Neukölln

Ärztlicher Direktor: Professor Dr. med. K. Holldack

Untersuchungen über die Atemabhängigkeit der einzelnen Teilphasen der Herzperiode am linken Herzen

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an der

Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

Vorgelegt von
Peter Volbracht
aus Berlin

Aus der I. Inneren Abteilung des Städtischen Krankenhauses
Berlin-Neukölln
Ärztlicher Direktor: Professor Dr. med. K. Holldack

Untersuchungen über die Atemabhängigkeit der einzelnen Teilphasen der Herzperiode am linken Herzen

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an der
Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

Vorgelegt von
Peter Volbracht
aus Berlin

Dekan Professor Dr. med. Adalbert L o e s c h k e

Referent Professor Dr. med. Klaus H o l l d a c k

Korreferent Professor Dr. med. Otto G a u e r

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der
Freien Universität Berlin.

Promoviert am:

- 1. JULI 1965

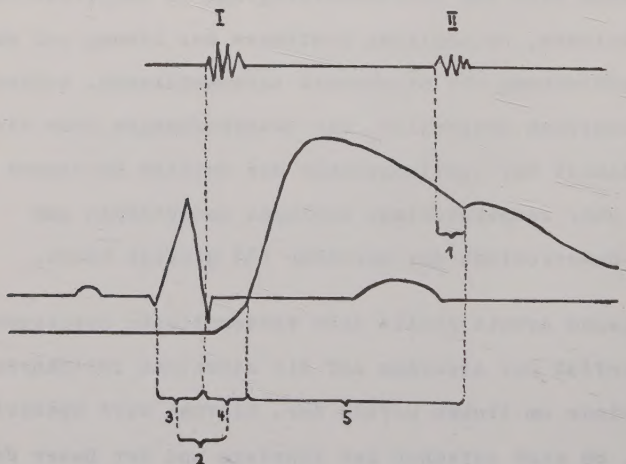
Einleitung und Problemstellung

Seitdem die Herzschallschreibung (PKG), die Arterienpuls-schreibung (APS) und das Elektrokardiogramm (EKG) in die klinische Herzdiagnostik Eingang gefunden haben, ist die unblutige Bestimmung der einzelnen Teilphasen der Herzperiode am linken Herzen ermöglicht worden.

Die Kombination der genannten Methoden (Mechanokardiographie + EKG) hat die Möglichkeit zur Diagnostik von Herzfehlern in vielfacher Hinsicht bereichert und gibt Aufschluß über die physiologische und pathologische Haemodynamik des Herzens. Im allgemeinen wird das Mechanokardiogramm in expiratorischer Apnoe geschrieben, um mögliche Einflüsse der Atmung auf die Herzschallschreibung mit Sicherheit auszuschließen. Solche Einflüsse bestehen zweifellos, wie Untersuchungen über die Atemabhängigkeit der Spaltungsdauer des zweiten Herztones (1, 2) und über respiratorisch bedingte Lautstärken und Amplituden-Unterschiede der Herztöne (3) gezeigt haben.

Die vorliegende Arbeit stellt eine systematische Untersuchung über den Einfluß der Atemlage auf die einzelnen Teilphasen der Herzperiode am linken Herzen dar. Hierbei wird speziell untersucht, ob sich zwischen der Atemlage und der Dauer der Teilphasen der Herzperiode ein periodischer Zusammenhang feststellen läßt. Diese Problemstellung ergab sich aus der Beobachtung, daß sich während der Schallschreibung, insbesondere bei atmungslabilen Patienten (Emphysematikern usw.) und

bei Kranken, deren Herzaktion arrhythmisch ist, die Atmungseinflüsse immer wieder störend auswirken. Es ist zu fragen, ob in solchen Fällen ein Fehler bei der zeitlichen Bestimmung der Teilphasen der Herzperiode durch die Atemexkursionen auftritt, oder ob die Teilphasen durch die Atemexkursionen unbeeinflusst bleiben. Zum Verständnis der im folgenden benutzten Bezeichnungen sei ein mechanokardiographisch synoptisches Bild (nach MOLLBACK und WOLF) zur Darstellung gebracht, in dem Herzschallschreibung, EKG und Carotissphygmogramm in normale zeitliche Beziehungen gebracht sind.



I. Erster Ton

II. Zweiter Ton

1. Beginn des II. Tones bis zur Incisur = zentrale Puls-
wellenlaufzeit (ZPL)

2. Beginn der Q-Zacke bis Pulskurvensteilanstieg minus Pulswellenlaufzeit = Anspannungszeit (AZ).
3. Beginn der Q-Zacke bis zum Beginn des I. Tones = Umformungszeit (UZ).
4. Anspannungszeit weniger Umformungszeit = Druckanstiegszeit (DAZ).
5. Pulskurvensteilanstieg bis Incisur = Austreibungszeit.

Material und Methodik

Aus dem Personal und dem Krankengut des Städtischen Krankenhauses Berlin-Neukölln wurden 85 herzgesunde männliche Versuchspersonen ausgewählt, bei denen, um mögliche Herz- und Kreislaufschäden auszuschließen, vor den Versuchen eine klinische Herzuntersuchung und eine EKG-Schreibung vorgenommen wurden. Bei diesen Personen wurden in Rückenlage und bei ruhiger Atmung mit einem SCHWARZER-6-Kanal-Direktschreiber bei einem Papiervorschub von 100 mm/s folgende Kurven synchron registriert:

1. Phonokardiogramm in 3 Frequenzgängen (Filter h_{1250} , m_{2140} , t_{35}). Zur Schreibung wurde ein Kristallmikrophon benutzt, das in Höhe vom 6. ICR links parasternal auf die Brustwand aufgelegt wurde.
2. Carotissphygmogramm. Verwendet wurde ein piezoelektrischer Pulsabnehmer, der auf die rechte A. carotis in Höhe des Schildknorpels aufgesetzt wurde.
3. Atmungskurve. Auf dem Sternum des Patienten wurde hierzu ein Pappreiter aufgeklebt, der während der

Atemexkursionen den Spalt einer Photozelle mehr oder weniger weit verdeckte.

4. EKG. Standardableitung II.

Auf diese Weise wurden bei jeder der 85 Versuchspersonen, ohne während der Schallschreibung die Verstärkereinstellung des Apparates zu verändern, 8 Atemphasen registriert. Die Anzahl der dabei aufgezeichneten Herzperioden schwankt bei den VP zwischen 25 und 75, durchschnittlich wurden 38 Herzschläge aufgenommen (Abb. 1).

Auswertung der Kurven

In den so gewonnenen Kurven wurden jetzt folgende Teilphasen der Herzperiode:

- a) Systolenlänge (SL)
- b) Diastolenlänge (DL)
- c) Herzperiodenlänge (HP)
- d) Umformungszeit (UZ)
- e) Anspannungszeit (AZ)
- f) Druckanstiegszeit (DAZ)
- g) Zentrale Pulswellenlaufzeit (ZPL)
- h) Austreibungszeit (ASZ) (registriert an 30 Versuchspersonen)

für jeden Herzschlag zeitlich ausgemessen, wofür rund 23.000 Einzelmessungen erforderlich waren. Sodann wurde, zur besseren Übersicht und um einen Vergleich zwischen den einzelnen Versuchspersonen zu ermöglichen, die Atmungskurve jeder VP in zeitlicher Raffung auf Millimeterpapier DIN A 3 übertragen.

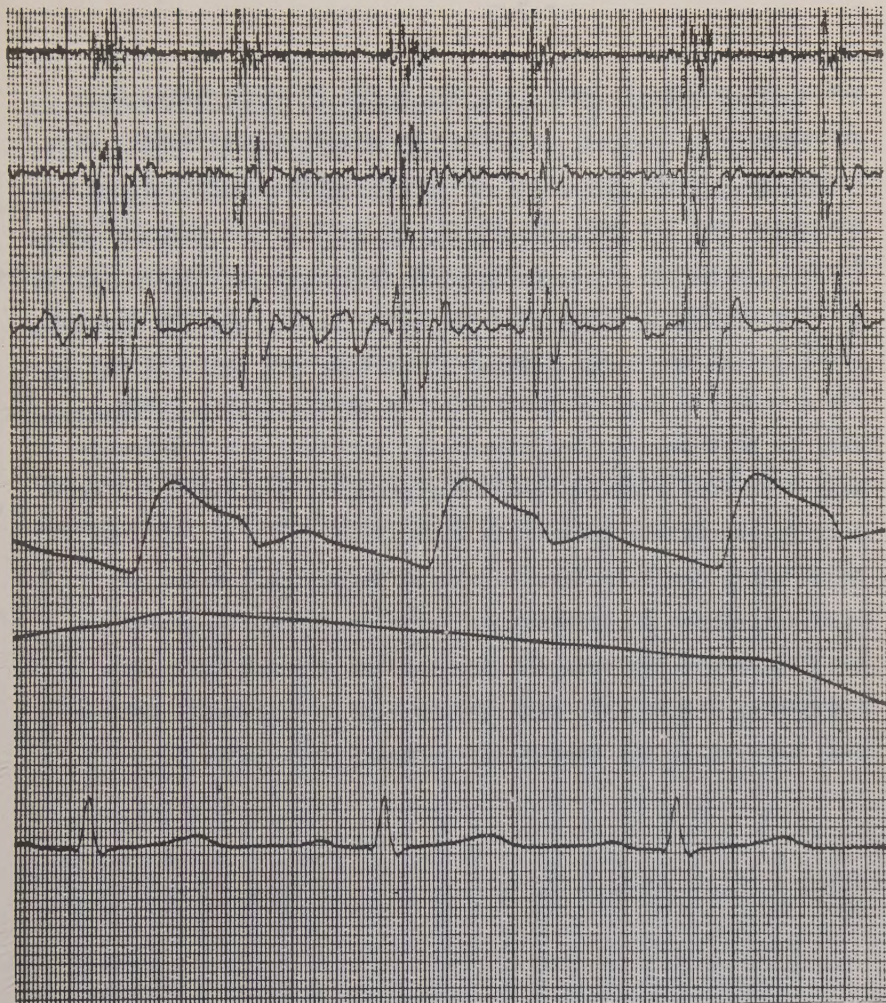


Abb. 1

Photo der Originalkurve der Versuchsperson 30.

Die Reihenfolge der Kurven von oben nach unten:

1. Phonokardiogramm Filter h_{1250}
2. Phonokardiogramm Filter m_{2140}
3. Phonokardiogramm Filter t_{35}
4. Carotissphygmogramm
5. Atmungskurve
6. EKG Standardableitung II

wobei die Atemtiefe wegen der bei jeder VP wechselnden Verstärkereinstellung des Apparates unberücksichtigt blieb. Die einzelnen Herzschläge jeder Atemphase wurden in Form eines Diagramms der für jede Teilphase der Herzperiode ermittelten Werte - Abszisse: Zeit in Sekunden, Ordinate: gemessene Zeitwert der Herzperiodenabschnitte - zeitgerecht unter dieser Atmungskurve aufgetragen. Auf diese Weise ergab sich eine für die Teilabschnitte jeder Herzperiode charakteristische Kurve, die, in Beziehung zu den Atemphasen gesetzt, eine Entscheidung über eine etwaige atemabhängige Dauer der einzelnen Herzperiodenabschnitte gestattete (Abb. 2).

Dabei wurde das besondere Augenmerk darauf gerichtet, ob eine periodisch wiederkehrende Relation der Kurvengipfel zu den Atemphasen bestand. Aus praktischen Gründen wurde die Atemphase, die in der Aufzeichnung eine sinusförmige Schwingung darstellt, wie abgebildet aufgegliedert (Abb. 3).

Bei jeder einzelnen Versuchsperson wurde nun tabellarisch registriert, ob der Kurvenverlauf der einzelnen Teilphasen der Herzperiode konstant bleibt, ob er atemunabhängig periodisch abläuft, ob die Kurvengipfel vorwiegend in die Inspirationsphase, die Expirationsphase fallen, oder ob sie zeitlich mit dem Atemtal oder dem Atemgipfel zusammenfallen; so entstand für jede Versuchsperson eine für sie spezifische Tabelle (Tab. 1).

Die aus allen 85 Tabellen ermittelten Ergebnisse sind zusammengefaßt und aus Tabelle 2 ersichtlich.

	I	II	III	IV	V	VI
Herzperiodenlänge				+		
Systolenlänge					+	
Diastolenlänge				+		
Druckanstiegszeit			+			
Umformungszeit	+					
Zentrale Pulswellenlaufzeit	+					
Anspannungszeit			+			
Austreibungszeit				+		

Tabelle 1

- I = Kurvenverlauf der einzelnen Teilphasen der Herzperiode weist Konstanz auf
- II = Kurvenverlauf atemunabhängig periodisch
- III = Kurvengipfel fallen vorwiegend in die Inspirationsphase
- IV = Kurvengipfel fallen vorwiegend in die Expirationsphase
- V = Kurvengipfel fallen zeitlich mit dem Atemtal zusammen
- VI = Kurvengipfel fallen zeitlich mit dem Atemgipfel zusammen

("vorwiegend" bedeutet, daß mehr als die Hälfte der Kurvengipfel die erläuterten Beziehungen aufweisen).

Abb. 2

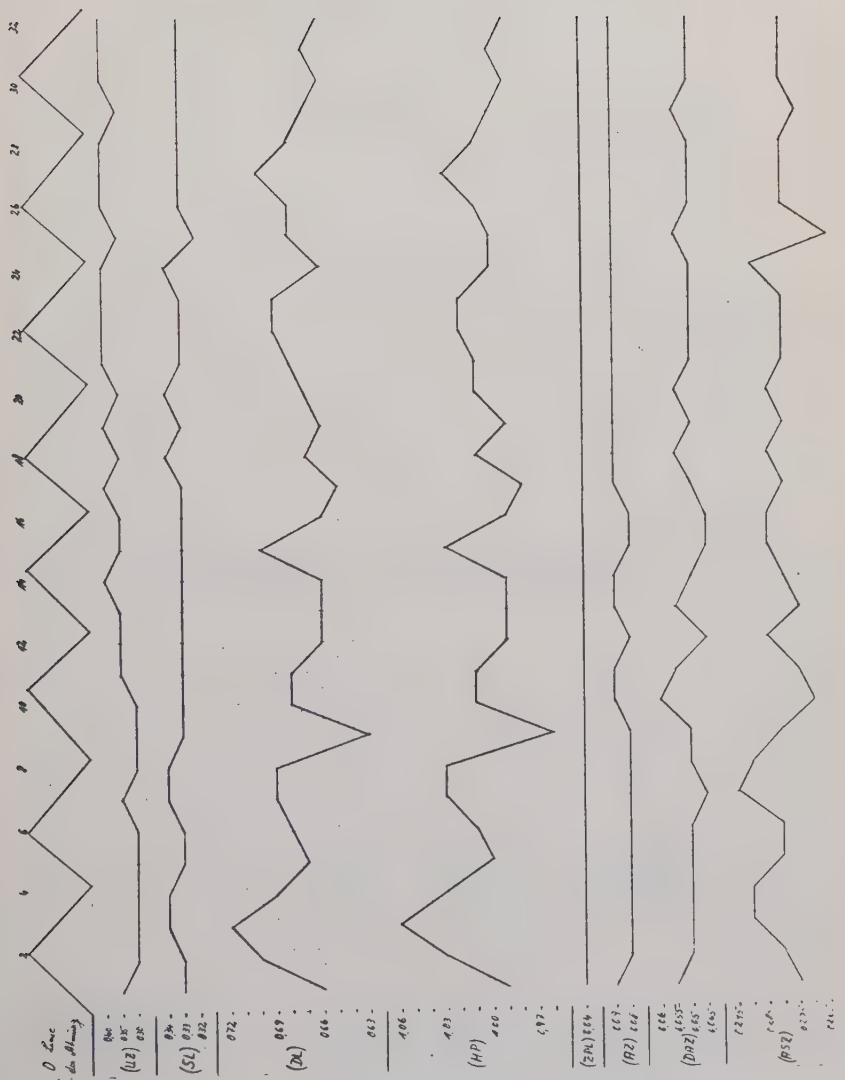
Photo eines Diagramms der für jede Teilphase der Herzperiode
ermittelten Werte (Versuchsperson 23)

Abszisse: Zeit in Sekunden

Ordinate: Gemessene Zeitwerte der Herzperiodenabschnitte in Sekunden

Die Reihenfolge der Kurven von oben nach unten:

1. Atmungskurve
2. Umformungszeit (UZ)
3. Systolenlänge (SL)
4. Diastolenlänge (DL)
5. Herzperiodenlänge (HP)
6. Zentrale Pulswellenlaufzeit (ZPL)
7. Anspannungszeit (AZ)
8. Druckanstiegszeit (DAZ)
9. Austreibungszeit (ASZ)



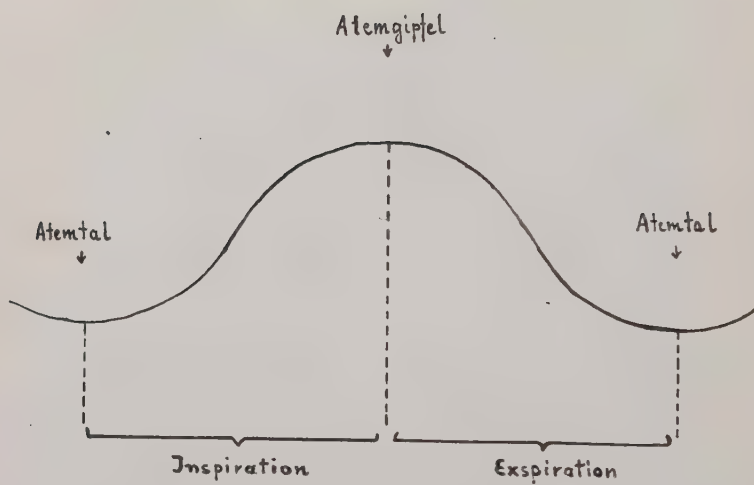


Abb. 3

Aufgliederung der Atemphase

	Zahl der Fälle						Gesamtzahl
	I	II	III	IV	V	VI	Sa.
UZ	10	48	14	10	1	2	85
DAZ	2	45	20	9	1	8	85
AZ	31	22	10	-	1	21	85
ZPL	85	-	-	-	-	-	85
SL	14	24	1	29	14	3	85
DL	-	22	6	46	11	-	85
HP	-	22	5	47	11	-	85
ASZ ⁺	-	3	-	27	-	-	30

Tabelle 2

Zusammenfassung der aus 85 Tabellen ermittelten Ergebnisse

⁺ registriert nur an 30 Versuchspersonen

Diskussion der Ergebnisse

Vor der Diskussion der Versuchsergebnisse sollen kurz zur Einführung in die Problematik der Teilphasen der Herzperiode die Begriffe "Umformungszeit", "Druckanstiegszeit", "Anspannungszeit" und "zentrale Pulswellenlaufzeit" und ihre Beziehung zur Haemodynamik des linken Herzens definiert werden. Unter Umformungszeit des Herzens wird die Phase verstanden, in der sich der kontrahierende linke Ventrikel mit kleinster Oberfläche um den inkompressiblen Flüssigkeitsgehalt verformt. Diese Phase beginnt mit der Q-Zacke des EKG's und endet mit dem Anfang des Ton-Segments des I. Herztones. Diese Phase ist streng genommen nicht isometrisch, wohl aber die darauf folgende 2. Phase, die Druckanstiegszeit. Man versteht darunter die Zeit, in der der Druck vom Füllungsdruck auf den diastolischen Aortendruck erhöht wird. Umformungszeit und Druckanstiegszeit bilden zusammen die Anspannungszeit. Die zentrale Pulswellenlaufzeit, gemessen vom Beginn des Ton-Segmentes des II. Herztones (Aortenklappenschluß) bis zur Incisur der Carotis-Pulskurve, ist die Zeit, die die Pulswelle nach dem Schließen der Aortenklappe bis zur Abnahmestelle an der A. carotis benötigt.

Der Tabelle 2 können nun die folgenden Einzelheiten entnommen werden.

1. Die Umformungszeit

Die Kurvengipfel zeigen in 56,5 %, also in über der Hälfte der Fälle eine unregelmäßige Periodik. In 11,8 % der Fälle erscheinen die Werte konstant. Bei den restlichen 31,7 % war ein angedeuteter Zusammenhang mit der Atmung zu beobachten, wobei jedoch die Zuordnung nicht eindeutig war.

2. Die Druckanstiegszeit

Hier finden sich ähnliche Verhältnisse wie oben, d.h. bei 52,9 % der Fälle unregelmäßige Periodik der Gipfel, in 2,3 % Konstanz, während bei 44,8 % eine eindeutige Zuordnung zu den Atemphasen wiederum nicht möglich war.

3. Die Anspannungszeit

Hier zeigen die Kurvengipfel in 25,9 % der Fälle eine unregelmäßige Periodizität, in 36,5 % Konstanz. Die restlichen 37,6 % zeigen wohl wiederum einen Zusammenhang mit der Atmung, die Zuordnung aber ist keine eindeutige.

4. Die zentrale Pulswellenlaufzeit

Sie zeigt in 100 % der Fälle im Rahmen der verwandten Methodik Konstanz.

5. Die Systolenlänge

Die Kurvengipfel lassen hier in 28,2 % der Fälle eine unregel-

mäßige Periodik erkennen, in 16,5 % zeigen sie Konstanz. Bei 50,5 % fällt mehr als die Hälfte der Kurvengipfel in das Expirium und in das Atemtal. In 4,8 % fallen die Gipfel in die Inspirationsphase und in den Atemgipfel.

6. Die Diastolenlänge

Hier zeigen die Gipfel in 25,9 % eine unregelmäßige Periodizität, während Konstanz der Kurven nicht besteht. Mehr als die Hälfte der Kurvengipfel fällt in 7,1 % in die Inspirationsphase, in 54,1 % in die Expirationsphase, in 12,9 % in das Atemtal.

7. Herzperiodenlänge

Eine unregelmäßige Periodik zeigen hier 25,9 % der Gipfel, eine Konstanz tritt nicht auf. Der Großteil der Kurvengipfel fällt zu 5,9 % in die Inspiration, in die Expiration zu 55,3 % und in das Atemtal zu 12,9 %.

8. Austreibungszeit

Hier fallen die Gipfel zu 90 % in die Expirationsphase, in 10 % der Fälle zeigen sie eine unregelmäßige Periodik.

Aus dieser Zusammenstellung sind folgende Schlußfolgerungen zu ziehen:

1. Es besteht kein charakteristischer zeitlicher Zusammenhang zwischen der Ein- und Ausatemungsphase einerseits und der Umformungs-, der Druckanstiegs-, der Anspannungs- und der zentralen Pulswellenlaufzeit andererseits. Dieses Ergebnis bedeutet für die Anwendung des Mechanokardiogramms, daß seine Schreibung durch aus nicht mit der Bedingung der expiratorischen Apnoë verknüpft sein muß, wenn man die Teilphasen der Systole des linken Herzens bestimmen will.

2. Die Systolenlänge war bei 43 von 85 Versuchspersonen im Exspirium und im Atemtal verlängert. Nur bei 10 der 85 VP fand sich eine Verlängerung der Druckanstiegszeit im Exspirium und im Atemtal. Daraus ist der Schluß zu ziehen, daß bei einem sehr hohen Prozentsatz der VP die Austreibungszeit verlängert sein muß. Dieser Schluß konnte bestätigt werden durch die Untersuchung der Austreibungszeit bei 30 VP, die willkürlich aus den 85 VP ausgewählt wurden, um festzustellen, ob eine Abhängigkeit der Dauer der Austreibungszeit von den Atemphasen besteht. Die Untersuchung ergab, daß bei 27 VP (also in 90 %) die Austreibungszeit im Exspirium verlängert ist.

Das bedeutet nicht, daß sich dann zwangsläufig die Druckanstiegszeit verkürzen muß, denn eine Verlängerung der Systole im Exspirium kann sehr wohl allein aufgrund einer verlängerten Austreibungszeit zustandekommen, ohne daß die Druckanstiegszeit sich verkürzen muß. BLUMBERGER fand, daß die Dauer der Austreibungszeit bei sinkender Herzschlagfrequenz zunimmt. Diese Feststellung findet ihre Bestätigung in unserem Versuchsergebnis: Bei der Mehrzahl unserer VP ist ein Absinken der Herzschlagfrequenz im Exspirium festzustellen.

II. Teil

Zusatzuntersuchungen zur Sicherung der gefundenen Ergebnisse

Um die oben unter 1. gefundenen Ergebnisse zu sichern, wurde bei weiteren 10 herzgesunden Versuchspersonen ein Mechanokardiogramm während maximaler Inspiration und anschließendem VALSALVA-schen Versuch geschrieben, in der Erwartung, daß bei diesen exzessiven Varianten der Atmung die extremen intrathorakalen Druckverhältnisse vielleicht doch eine charakteristische Änderung der haemodynamischen Zeiten bewirken würde. Entsprechende Arbeiten fehlen darüber in der Literatur, wohl

aber sind Untersuchungen über die Amplitudengrößen und Veränderungen des Phonokardiogramms und über das Verhalten der Herzfrequenz bei dem VALSAVASchen Versuch angestellt worden.

Hierzu wurden wiederum, nach entsprechender klinischer Herz- und Kreislaufuntersuchung, 10 junge, herzgesunde Assistenzärzte des Neuköllner Krankenhauses ausgewählt (das Durchschnittsalter betrug 29,4 Jahre, die jüngste Versuchsperson war 24 Jahre, die älteste 33 Jahre alt), bei denen unter den gleichen Versuchsbedingungen wie oben beschrieben ein Phonokardiogramm in 3 Frequenzgängen, eine Carotispulskurve und die Standardableitung II des EKG synchron aufgenommen wurden, zuerst während maximaler Inspiration und dann, nach einer 5-minütigen Ruhepause, während des VALSALVASchen Pressdruckversuches (Abb. 4 und 5). Die Verstärkereinstellung des Direktschreibers wurde während der Versuche nicht geändert.

- Die haemodynamischen Zeiten der ersten 6 Herzschläge wurden sodann in den beiden für jede Versuchsperson geschriebenen Kurven ausgemessen und die Werte wiederum in der weiter oben erwähnten Art und Weise zeitlich gerafft, auf Millimeterpapier DIN A 3 übertragen (Abb. 6). Da es sich nach Durchsicht dieser Kurven herausstellte, daß eine bessere Vergleichsmöglichkeit zwischen den in dem maximalen Inspirationsversuch und dem VALSALVASchen Versuch ermittelten Zeitwerten für die Teilphasen der Herzperiode durch eine tabellarische Übersicht gegeben war, wurde eine Tabelle zusammengestellt, in der die gemessenen Minimal- und Maximalwerte in Sekunden für

die haemodynamischen Zeiten während der maximalen Inspiration und dem VALSALVASchen Versuch gegenübergestellt sind (Tab. 3 und 4).

Diese Übersicht erlaubt die Feststellung, ob und in welchen Größenordnungen sich die Zeitwerte für die Teilphasen der Herzperiode während maximaler Inspiration und VALSALVASchen Versuch verändern. Bei der Auswertung der Ergebnisse bleiben Werte von unter einer Hundertstel-Sekunde unberücksichtigt, da hier die Grenze der Meßgenauigkeit erreicht wird.

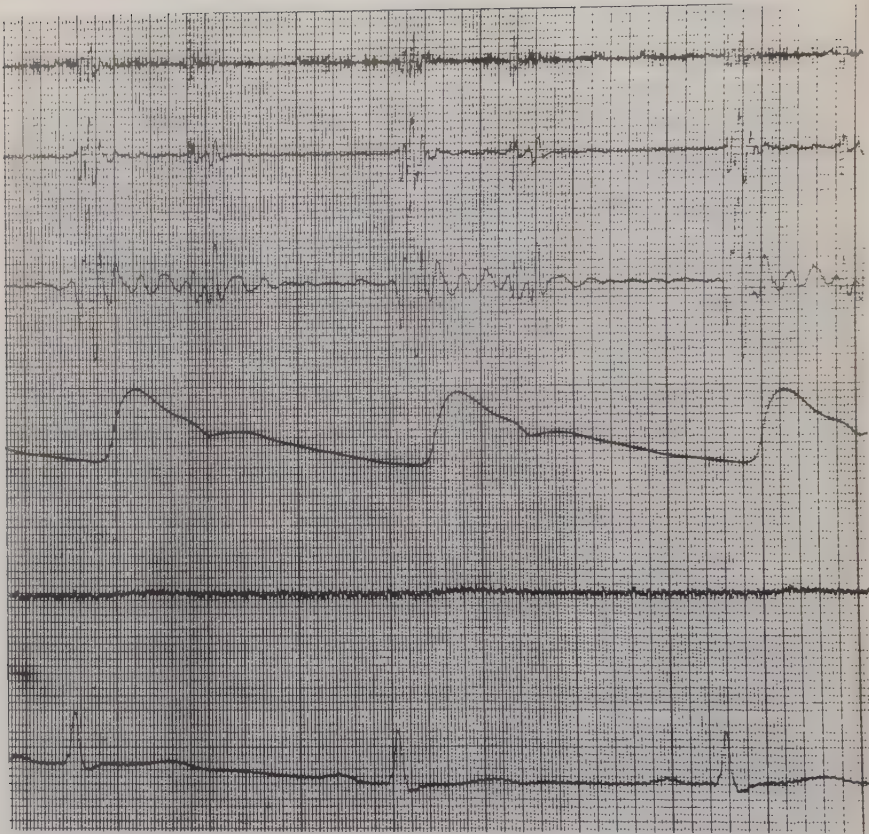


Abb. 4

Photo der Originalkurve der Versuchsperson 3. Aufgenommen während maximaler Inspiration.

Die Reihenfolge der Kurven von oben nach unten:

1. Phonokardiogramm Filter $h_1 250$
2. Phonokardiogramm Filter $m_2 140$
3. Phonokardiogramm Filter t_{35}
4. Carotissphygmogramm
5. EKG Standardableitung II

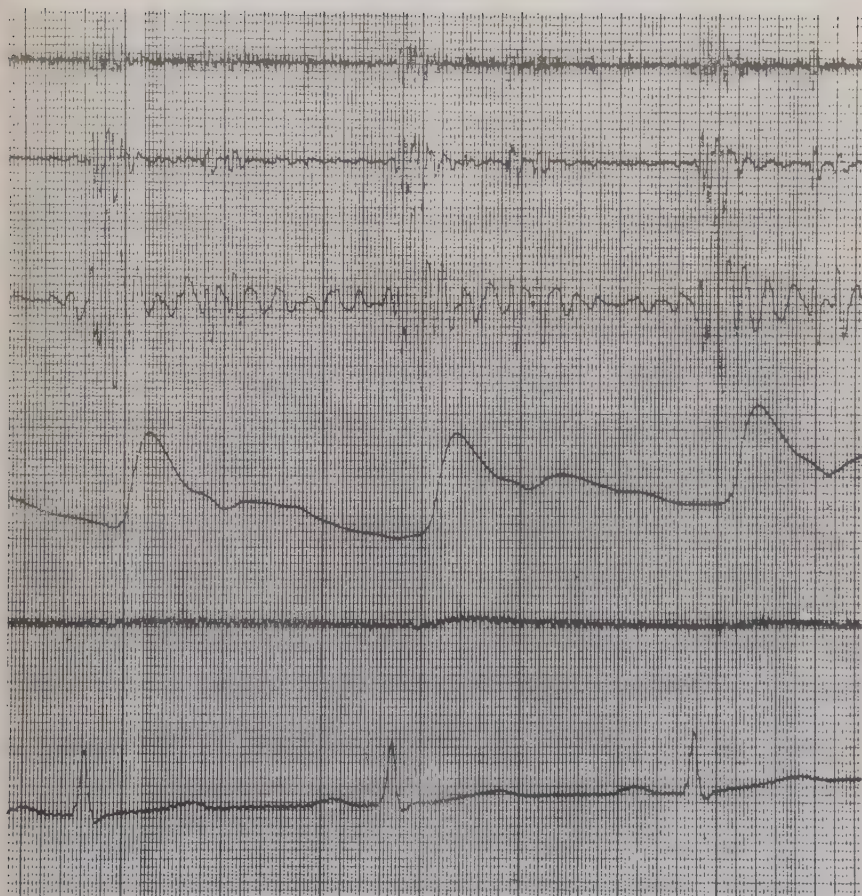


Abb. 5

Photo der Originalkurve der Versuchsperson 3. Aufgenommen während des VALSALVASchen Versuchs.

Die Reihenfolge der Kurven von oben nach unten:

1. Phonokardiogramm Filter h_1^{250}
2. Phonokardiogramm Filter m_2^{140}
3. Phonokardiogramm Filter t_{35}^{140}
4. Carotissphygmogramm
5. EKG Standardableitung II

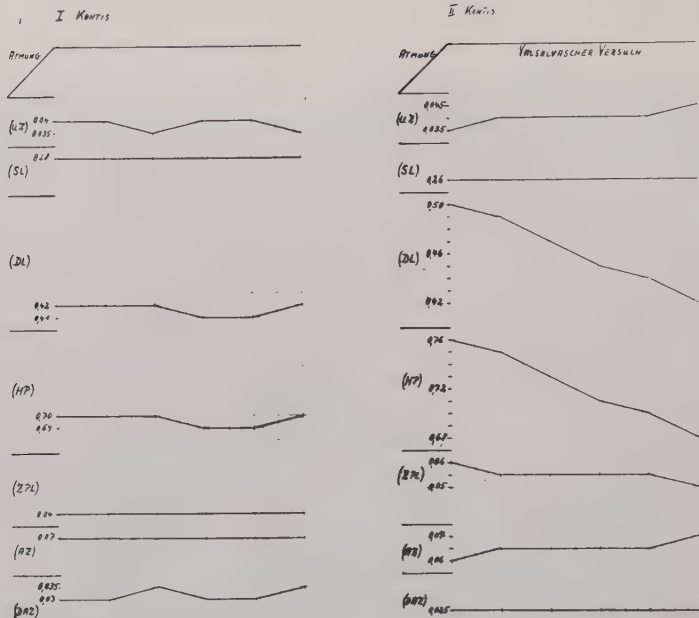


Abb. 6

Photo eines Diagramms der für jede Teilphase der Herzperiode ermittelten Werte. Links während maximaler Inspiration, rechts während des VALSALVASCHEM VERSUCHS (Versuchsperson 9).

Abszisse: Zeit in Sekunden

Ordinate: Gemessene Zeitwerte der Herzperiodenabschnitte in Sekunden

Die Reihenfolge der Kurven von oben nach unten:

1. Umformungszeit (UZ)
2. Systolenlänge (SL)
3. Diastolenlänge (DL)
4. Herzperiodenlänge (HP)
5. Zentrale Pulswellenlaufzeit (ZPL)
6. Anspannungszeit (AZ)
7. Druckanstiegszeit (DAZ)

Versuchsperson Nr.	Umformungszeit		Druckanstiegszeit	
	MI	VS	MI	VS
1	0,035-0,04	0,035-0,045	0,03 -0,035	<u>0,025</u>
2	0,025-0,03	0,025	0,01 -0,02	<u>0,015-0,03</u>
3	0,035-0,04	0,025-0,035	0,025-0,035	<u>0,035-0,045</u>
4	0,03 -0,04	0,04	0,025-0,03	<u>0,05</u>
5	0,035-0,04	<u>0,045-0,05</u>	0,035-0,04	0,03 -0,04
6	0,05 -0,06	0,05 -0,055	0,04 -0,05	0,045-0,055
7	0,055-0,06	0,06 -0,065	0,03 -0,04	<u>0,015-0,025</u>
8	0,04 -0,05	0,05 <u>-0,06</u>	0,045-0,05	0,03 -0,045
9	0,045-0,06	0,05 -0,065	0,035-0,055	0,035-0,055
10	0,04 -0,045	0,04 -0,045	0,025-0,03	0,03 -0,035

Nr.	Anspannungszeit		Zentr.l.Pulswellenlaufzeit	
	MI	VS	MI	VS
1	0,07	0,06 -0,07	<u>0,04</u>	<u>0,05 -0,06</u>
2	0,04	0,04 <u>-0,055</u>	0,05	0,45 -0,5
3	0,07	0,07 <u>-0,08</u>	0,05	0,05
4	0,06 -0,07	<u>0,09</u>	0,05	0,05
5	0,07 -0,075	0,08 <u>-0,085</u>	0,045-0,05	0,045-0,05
6	0,1	0,1 -0,105	0,05	0,05
7	0,9 -0,95	0,08 -0,09	0,035-0,04	0,04 <u>-0,05</u>
8	0,09 -0,10	0,09 -0,105	0,04 -0,05	0,05 <u>-0,06</u>
9	0,085-0,095	0,085- <u>0,115</u>	0,045-0,05	0,045-0,05
10	0,07	0,075	0,06	0,065

Tabelle 3

Gegenüberstellung der Zeitwerte für die Teilphasen der Herzperiode während maximaler Inspiration (MI) und VALSALVASchem Versuch (VS). (Zahlenwerte in Sekunden). Die unterstrichenen Zahlen weisen darauf hin, daß hier die Maximalwerte bei maximaler Inspiration und VALSALVASchem Versuch um mehr als eine Hundertstel Sekunde differieren.

Versuchsperson Nr.	Systolenlänge		Diastolenlänge	
	MI	VS	MI	VS
1	0,28	<u>0,26</u>	0,41 - 0,42	0,42 - <u>0,50</u>
2	0,29	0,27 - <u>0,28</u>	0,74 - 0,50	0,42 - <u>0,52</u>
3	0,3 - 0,32	0,28 - <u>0,29</u>	0,58 - 0,60	0,48 - <u>0,49</u>
4	0,28 - 0,29	<u>0,25</u>	0,56 - 0,62	0,41 - <u>0,43</u>
5	0,27 - 0,28	<u>0,24</u>	0,65 - 0,71	0,47 - <u>0,50</u>
6	0,29 - 0,31	0,31 - <u>0,33</u>	0,76 - 0,84	0,62 - <u>0,72</u>
7	0,31 - 0,32	0,25 - <u>0,27</u>	0,59 - 0,61	0,45 - <u>0,53</u>
8	0,33 - 0,34	0,29 - <u>0,31</u>	0,53 - 0,67	0,53 - <u>0,69</u>
9	0,28 - 0,3	0,24 - <u>0,27</u>	0,46 - 0,58	0,34 - <u>0,40</u>
10	0,29 - 0,3	<u>0,27</u>	0,67 - 0,69	0,49 - <u>0,51</u>

Herzperiodenlänge		
Nr.	MI	VS
1	0,69 - 0,70	0,68 - <u>0,76</u>
2	0,76 - 0,79	0,69 - <u>0,80</u>
3	0,87 - 0,91	0,67 - <u>0,78</u>
4	0,84 - 0,91	0,65 - <u>0,68</u>
5	0,93 - 0,99	0,71 - <u>0,75</u>
6	1,04 - 1,14	0,93 - <u>1,05</u>
7	0,91 - 0,93	0,70 - <u>0,80</u>
8	0,86 - 1,00	0,82 - <u>1,00</u>
9	0,73 - 0,87	0,59 - <u>0,67</u>
10	0,96 - 0,98	0,76 - <u>0,78</u>

Tabelle 4

Gegenüberstellung der Zeitwerte für die Teilphasen der Herzperiode während maximaler Inspiration (MI) und VALSALVASchem Versuch (VS) (Zahlenwerte in Sekunden).

Ergebnisse

Bei der Besprechung der Ergebnisse soll in folgendem wieder jede haemodynamische Zeit einzeln betrachtet werden.

Bei der Umformungs-, der Druckanstiegs- und der Anspannungszeit liegen die gemessenen Werte immer nur ein Geringes unter dem Normalbereich, da wegen der Undeutlichkeit der Q-Zacke im EKG bei manchen Versuchspersonen von vornherein bei allen Messungen nicht der Beginn der Q-Zacke, sondern der Anstieg der R-Zacke als Ausgangspunkt genommen wurde.

1. Die Umformungszeit

Bei 8 Versuchspersonen sind die Minimal- und Maximalwerte für die Umformungszeit während maximaler Inspiration und während des VALSALVASchen Versuchs die gleichen, nur in 2 Fällen (VP 5 und 8) ist sie während des Pressdruckversuchs um eine Hundertstel Sekunde verlängert.

2. Die Druckanstiegszeit

Eine Verlängerung der Druckanstiegszeit während des VALSALVASchen Versuchs findet sich in 3 Fällen (VP 2, 3, 4), eine Verkürzung zweimal (VP 1, 7).

3. Die Anspannungszeit

Als Summe aus Umformungs- und Druckanstiegszeit ist sie in eben denselben Fällen verlängert, in denen diese beiden in dem Pressdruckversuch einen höheren zitierten Wert zeigten, also bei Versuchsperson 2, 3, 4, 5 und 9.

4. Die zentrale Pulswellenlaufzeit

Sie war in 3 Fällen (VP 1, 7 und 8) während des VALSALVASchen Versuchs verlängert.

5. Systolen-, Diastolen- und Herzperiodenlänge

Bei allen Versuchspersonen ist während des VALSALVASchen Versuchs eine zunehmende Verkürzung der Zeiten zu verzeichnen. Es bestand also eine Tachycardie.

Hieraus folgt:

Umformungs-, Druckanstiegs-, Anspannungs- und zentrale Pulswellenlaufzeit zeigen während maximaler Inspiration keine deutlichen zeitlichen Veränderungen. Auch während des VALSALVASchen Pressdruckversuchs, bei dem noch eine zusätzliche intrathorakale Drucksteigerung erreicht wird, bleiben diese haemodynamischen Zeitwerte im Großteil der Fälle die gleichen wie bei der maximalen Inspiration. Daß in einzelnen Fällen zeitliche Abweichungen auftreten, kann wohl, nicht zuletzt wegen der Geringfügigkeit der zeitlichen Veränderungen - es handelt sich zumeist nur um eine Hundertstel Sekunde - unberücksichtigt bleiben.

Die Verkürzung der Systolendauer weist ebenfalls auf eine Verkürzung der Austreibungszeit hin. Gleichzeitig verkürzt sich in allen Fällen auch die Diastole, somit die gesamte Herzrevolution. Das bedeutet, daß während des VALSALVASchen Versuchs die Herzschlagfolge ansteigt, eine Tatsache, die bereits von anderen Untersuchern beschrieben wurde (19).

III. Teil

Die Amplitudengrößen des II. Tones

Bei der Auswertung der Mechanokardiogramme fiel auf, daß der II. Herzton häufig gespalten ist und daß die Amplitudengrößen des Aorten- (II_A -Ton) und des Pulmonalanteils (II_P -Ton) des II. Tones differieren. Die Spaltung ist atemabhängig und ist der Ausdruck einer zeitlichen Verschiebung der Aktion des linken und rechten Herzens während der Atemphase. Bei näherer Betrachtung erwies sich, daß die Spaltung des II. Tones besonders im tiefen Inspirium deutlich wird, in der Expiration dagegen häufig verschwindet, eine Tatsache, auf die auch andere Autoren bereits hingewiesen haben. Bei Durchsicht der bei maximaler Inspiration geschriebenen Schallproben fand sich die Spaltung bei 7 von 10 Versuchspersonen, dagegen verschwand sie beim VALSALVASchen Versuch bei 6 von 10 Personen. Die Amplitudengrößen des II. Tones waren dabei geringer als bei maximaler Inspiration!

In einer Untersuchung wurde nun festgestellt, ob und inwieweit sich die Amplitudengrößen des gespaltenen II. Herztones im Atemtal und im Atemgipfel ändern. Ferner, wie sich die Amplitudengrößen des II. Herztones während des VALSALVASchen Versuchs gegenüber maximaler Inspiration verhalten.

Zur Klärung dieser Probleme wurden aus den 85 Mechanokardiogrammen 10 Schallkurven herausgesucht, in denen sich die Spaltung des II. Tones sowohl im Atemtal als auch im Atemgipfel

feststellen läßt. Bei diesen Fällen wurden die Amplitudenlängen des Aorten- und des Pulmonalanteils des II. Tones in Millimeter ausgemessen (Frequenzgang m_2), es wurden dabei nur die II. Töne ausgewählt, die zeitlich mit dem Atemgipfel und dem Atemtal zusammenfielen. Die Amplitudenlängen des II_A - und II_P -Tones im Atemgipfel wurden den Amplitudenlängen im Atemtal in einer Tabelle gegenübergestellt (Tab. 5). In den Fällen, in denen die Spaltung des II. Tones im Atemtal nicht vorhanden war, wurde die Gesamtamplitude ausgemessen. Dieselbe Untersuchung wurde in den 10 Schallkurven der Versuchspersonen vorgenommen, bei denen das Mechanokardiogramm während maximaler Inspiration und während des VALSALVASchen Versuchs aufgenommen wurde. Auch hier wurden die Amplitudenlängen des II_A - und II_P -Tones während maximaler Inspiration den Amplitudenlängen des II. Tones während des VALSALVASchen Versuchs gegenübergestellt (Tab. 6). Zur besseren Übersicht wurden die Tabellen 5 und 6 noch einmal graphisch in den Abbildungen 7 bis 10 zusammengefaßt, wobei die Mittelwerte der Amplitudenlängen der Aorten- und Pulmonaliskomponente des II. Tones bei jeder Versuchsperson errechnet und in Form eines Diagramms aufgetragen wurden. Die Abszisse stellt die Amplitudenlänge des II_A - bzw. II_P -Tones während der Inspiration, die Ordinate die Amplitudenlänge des II_A - bzw. II_P -Tones während der Expiration dar. Entsprechend wurden die Mittelwerte der Amplitudenlängen des gespaltenen II. Tones während maximaler Inspiration und VALSALVASchen Versuch dargestellt.

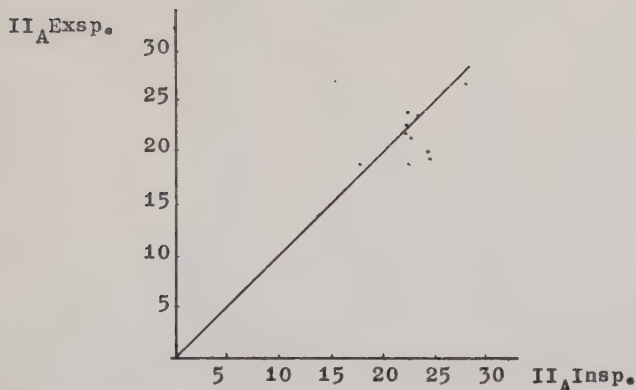


Abb. 7 Die Mittelwerte der Amplitudenlängen des II_A-Tones während In- und Expiration bei 10 Versuchspersonen
 Abszisse: Amplitudenlänge des II_A-Tones in mm während der Inspiration
 Ordinate: Amplitudenlänge des II_A-Tones in mm während der Expiration

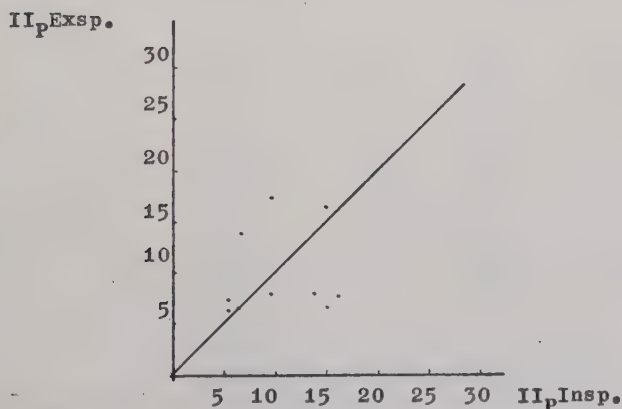


Abb. 8 Die Mittelwerte der Amplitudenlängen des II_P Tones während In- und Expiration bei 10 Versuchspersonen
 Abszisse: Amplitudenlänge des II_P-Tones in mm während der Inspiration
 Ordinate: Amplitudenlänge des II_P-Tones in mm während der Expiration

II_A Max. Insp.

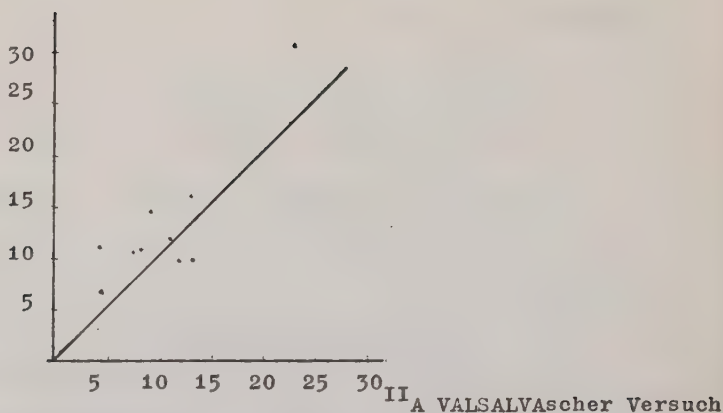


Abb. 9 Die Mittelwerte der Amplitudenlängen des II_A -Tones während maximaler Inspiration und während des VALSALVASchen Versuchs bei 10 Versuchspersonen

Ordinate: Amplitudenlänge des II_A -Tones in mm während maximaler Inspiration

Abszisse: Amplitudenlänge des II_A -Tones in mm während des VALSALVASchen Versuchs

II_P Max. Insp.

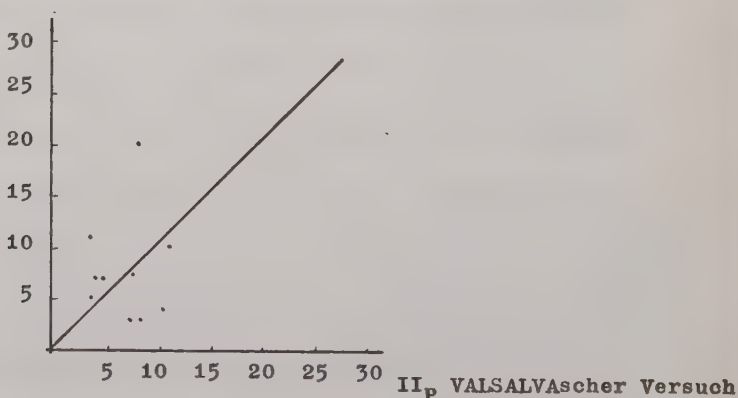


Abb. 10 Die Mittelwerte der Amplitudenlängen des II_P -Tones während maximaler Inspiration und während des VALSALVASchen Versuchs bei 10 Versuchspersonen

Abszisse: Amplitudenlänge des II_P -Tones in mm während des VALSALVASchen Versuchs

Ordinate: Amplitudenlänge des II_P -Tones in mm während maximaler Inspiration

<u>Versuchsperson</u>	<u>Atemgipfel</u>		<u>Atemtal</u>	
	II _A -Ton	II _P -Ton	II _A -Ton	II _P -Ton
8	22	14	22	15
	23	13	22	15
	22	14	21	15
	23	25	23	14
9	22	10	21	15
	23	11	25	14
	21	10	21	18
	22	12	22	14
13	20	5	22	11
	20	9	21	14
	19	8	22	15
	17	10	23	15
20	19	8	18	15
	18	10	16	12
	21	8		19
	18	5		17
32	25	8	22	8
	25	6	21	5
	23	6	22	7
	24	7	24	6
33	23	5	22	5
	25	6	25	5
	25	6	22	5
	24	8	23	5
35	28	16	26	5
	25	17	29	7
	28	9	27	5
	28	13	28	4
42	22	7	21	7
	21	9	21	10
	21	9	21	10
	22	7	18	11
64	20	5	23	6
	20	6	24	6
	20	9	24	6
	20	6	25	7
78	20	10		24
	19	7		24
	19	5		24
	20	7		25

Tabelle 5

Amplitudenlängen in Millimetern des gespaltenen II. Tones auf dem Höhepunkt der In- und Expiration

<u>Versuchsperson</u>	<u>Maximale Inspiration</u>		<u>VALSALVAScher Versuch</u>	
	II _A -Ton	II _P -Ton	II _A -Ton	II _P -Ton
1		6 7 8 7		5 5 4 4
2	31 32 31 30	21 19 21 18	23 23 24 24	8 8 11 8
3	11 13 10 12	6 7 7 7	7 8 7 11	6 4 5 6
4	12 12 11 11	3 3 3 4		7 8 8 8
5	16 15 17 17	8 5 4 4	14 13 13 13	5 4 4 4
6	10 10 10 11	7 7 8 8	14 14 13 13	9 7 8 8
7	17 14 16 13	3 3 3 3		9 11 8 8
8		9 13 12 12		7 4 2 3
9		13 10 9 9		14 10 13 10
10	13 12 12 13	5 4 4 4		10 11 10 13

Tabelle 6

Amplitudenlängen in Millimetern des gespaltenen II. Tones bei maximaler Inspiration und beim VALSALVASchen Versuch

Aus der Tab. 5 geht hervor, daß die Amplitudenlängen des Aortenanteiles des II. Tones in 6 Fällen (VP 8, 9, 20, 33, 35, 42) im Atemgipfel ungefähr gleich denen im Atemtal sind. In 3 Fällen sind sie im Atemtal größer (VP 13, 64, 78) als im Atemgipfel und in einem Fall im Atemtal kleiner (VP 32) als im Atemgipfel. - Die Amplitudenlängen des II_p -Tones sind bei VP 78 gar nicht und bei VP 20 nur zum Teil meßbar, da eine Spaltung des II. Tones nicht vorliegt. In 4 Fällen sind die Amplitudenlängen des II_p -Tones (VP 8, 32, 33, 64) im Atemgipfel ungefähr denen im Atemtal gleich, in 3 Fällen (VP 9, 13, 42) im Atemtal größer als im Atemgipfel und in einem Fall (VP 35) ist es umgekehrt. Im ganzen scheint damit ein regelmäßiges Intensitätsverhalten weder bei dem II_a -Ton noch bei dem II_p -Ton vorzuliegen. Daraus kann geschlossen werden, daß hauptsächlich extrakardiale Faktoren die Amplitudengrößen beeinflussen. Diese Ergebnisse stehen im Gegensatz zu denen von HEINTZEN gefundenen, der angibt, daß in der Mehrzahl der untersuchten Fälle die Amplitude des Aortenanteiles des II. Tones inspiratorisch an Lautstärke zunimmt, und daß die Amplituden der Pulmonalis-Komponente des II. Herztones ihr Maximum am Anfang der Expiration erreichen. Die Ergebnisse wurden aber im Gegensatz zu uns an Kindern erhalten. Dies könnte vielleicht die unterschiedlichen Ergebnisse erklären.

Die Tab. 6 zeigt, daß die Amplitudenlängen des II. Tones in 7 Fällen (VP 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8) während des VALSALVASchen Versuches kleiner sind als während maximaler Inspiration, in 2 Fällen (VP 6 und 9) ist dieses Verhältnis umgekehrt und in einem Fall (VP 10) ist die Lautstärke gleich. In 6 Fällen tritt die Spaltung des II. Tones während des VALSALVASchen Versuches nicht auf, in 3 Fällen (VP 2, 3, 5) sind die Amplitudenlängen des II_p -Tones während des VALSALVASchen Versuches kleiner als während maximaler

Inspiration, nur in einem Fall (VP 6) sind sie gleich. Die hieraus ablesbare Tatsache des Absinkens der Lautstärke des II. Herztones während des Pressdruckversuches ist von HEINTZEN bestätigt worden.

Zusammenfassung der Ergebnisse

Bei dem überwiegenden Teil der Versuchspersonen ist die Herzperiodendauer im Expirium und im Atemtal verlängert. Die Untersuchung der Systolen- und der Diastolendauer dieser Personen ergab, daß sowohl die Systole als auch die Diastole im Expirium und im Atemtal verlängert ist. Bei Betrachtung der Systolendauer zeigte es sich, daß diese Verlängerung durch die verlängerte Austreibungszeit bedingt ist, die Umformungs- und die Druckanstiegszeit zeigen kein regelmäßiges atemabhängiges Verhalten.

Der Vergleich der Systolendauer während maximaler Inspiration und VALSALVASchem Versuch ergab keine Verkürzung der Systole während des Presdruckversuches gegenüber der maximalen Einatmung. Die Umformungs- und Druckanstiegszeit änderten sich nur wenig. Das bedeutet also, daß die Verkürzung der Systole auf die verkürzte Austreibungszeit zurückzuführen ist. Auch die Diastolenlänge verkürzt sich während des VALSALVASchen Versuchs. Die Amplituden des II. Tones zeigen keine regelmäßige Abhängigkeit von der Atemlage. Das von HEINTZEN gefundene gegensinnige Amplitudenverhalten des II_A - und II_P -Tones konnten wir nicht beobachten. Wir nehmen daher an, daß auch extrakardiale Faktoren für die Lautstärke von Bedeutung sein müssen.

Zu dem Problem der Spaltung des II. Tones in Abhängigkeit von der Atmung ergeben sich durch unsere Untersuchungen folgende Schlußfolgerungen: Die Austreibungszeit des linken Herzens verlängert sich im Expirium und verkürzt sich im Inspirium, d.h.

der II_A -Ton muß im Expirium später und im Inspirium früher auftreten. Das bedeutet, daß die inspiratorische Vergrößerung der Spaltung des II. Tones nicht nur durch die Verspätung des II_P -Tones, sondern auch durch Vorverlegung des II_A -Tones bedingt ist. Wir befinden uns hier in Übereinstimmung mit den neueren Untersuchungen von ROSNER und RODBARD (20).

Umformungszeit, Druckanstiegszeit und zentrale Pulswellenlaufzeit zeigen keine Abhängigkeit von der Atemlage.

Zum Schluss habe ich die angenehme Pflicht, Herrn Professor Dr. K. Holldack und Herrn Priv. Dozenten Dr. Dr. K. Fuchs für ihre lebenswürdigen Anregungen bei der Bearbeitung des Themas meinen Dank auszusprechen.

Literaturangaben

- 1) HOLLDACK, K. Das Verhalten der II. Basistöne des Herzens
bei Druckänderung im großen und kleinen
Kreislauf
Verh.Dtsch.Ges.Kreislaufforsch. 15: 221-224
(1949)
- 2) MCKUSICK, V.A. The Splitting of Heart Sounds
REAGAN, P. Amer.Med.J. 19: 849-861 (1955)
SANTOS, G.W.
WEBB, G.N.
- 3) CALO, A. Les bruits du coeur et des vaisseaux
Masson & Cie, Paris 1950
- 4) HOLLDACK, K., Herzschaftfibel
WOLF, D. Thieme Verlag, Stuttgart 1962
- 5) REIN, H. u. Physiologie des Menschen
SCHNEIDER, M. 13./14. Aufl., Springer Verlag, 1960
- 6) HOLLDACK, K. Die Bedeutung der Umformungs- und Druckan-
stiegszeit für die Herzdynamik
Dtsch.Arch.Klin.Med. 198: 71 (1951)
- 7) AUINGER, W. Über den Einfluß der Druckanstiegszeit und
des Blutdrucks auf die Lautstärke des I.
Herztönen
Z.Kreislaufforsch. 45: 840-845 (1956)
- 8) CERLETTI, A. Beitrag zur sogenannten Anspannungszeit des
u. WEISEL, W. Herzens
Helvet.phys.Acta 8 (1950): C 14
- 9) KEUTH, U. Umformungs-, Druckanstiegs- und Austreibungs-
zeit des gesunden kindlichen Herzens
Z.f.Kinderheilkunde, Bd. 80, S.295-304 (1957)
- 10) MAASS, H. Über ein Verfahren zur Messung der Anspan-
nungs- und Austreibungszeit beim Menschen
Z.Kreislaufforsch. 38: 228 (1949)

- 11) BLUMBERGER, K.J. Die Untersuchungen der Dynamik des Herzens beim Menschen. Ihre Anwendung als Herzleistungsprüfung
Ergebn.I..Med. 62: 424 (1943)
- 12) REINDELL, H. u. DELIUS, L. Klinische Beobachtungen über die Herzdynamik beim gesunden Menschen
Dtsch.Arch.klin.Med. 193: 639-655 (1948)
- 13) HEINTZEN, P. Quantitative Phonocardiographie
Thieme Verlag, Stuttgart, 1960
- 14) McKUSICK, V.A. Cardiovascular Sound in Health and Disease
The Williams & Wilkins Comp., Baltimore 1958
- 15) SCHEMINSKY, F. Über einen Fall von sog. "willkürlicher" Beeinflussung der Pulsfrequenz mit Betonungsumkehr der Herztöne
Wien.klin.Wschr. 60: 398-400 (1948)
- 16) KEIDEL, W.D. Über eine neue Methode zur objektiven Frequenzanalyse der Auskultationsphänomene
Arch.Kreislaufforsch. 17: 72-103 (1951)
- 17) BERTRAND, Ch.A., MILNE, I.G., HORNICK, R. A Study of Heart Sounds and Murmurs by Direct Heart Recordings
Circulation 13: 49-57 (1956)
- 18) MANNHEIMER, E. Calibrated Phonocardiography and Electrocardiography
Acta pediatr. Suppl. XXVIII
Stockholm 1940, 1 - 187
- 19) WAGNER, R. Methodik und Ergebnisse fortlaufender Blutdruckschreibung an Menschen
Thieme, Leipzig 1942
- 20) ROSNER, S.W. ROEBARD, S. Beat-to-beat variation in the split second heart sound
Amer.J.Cardiol. 13: 333-339 (1964)

L e b e n s l a u f

- - - - -

Ich, Peter Volbracht, wurde am 27.4.1936 als Sohn des Arztes Dr.med. Robert Volbracht und seiner Ehefrau Charlotte, geborene Hempel, in Berlin geboren.

Von 1947 bis 1956 besuchte ich die Schiller-Oberschule in Berlin und legte dort im Frühjahr 1956 die Reifeprüfung ab. Anschliessend studierte ich Medizin an den Universitäten Berlin, Marburg, Würzburg, Freiburg, Hamburg, München und Wien. An der Universität Würzburg legte ich 1958 das Physikum und 1961 das medizinische Staatsexamen ab.

Als Medizinalassistent war ich fünf Monate an der Chirurgischen Universitätsklinik in Würzburg, sieben Monate an der Bernischen Heilstätte für Tuberkulose in Montana-Schweiz und vier Monate an der Geburtshilflich-Gynäkologischen Abteilung des Städtischen Krankenhauses in Buxtehude tätig. Während meiner internen Pflichtzeit an der Inneren Abteilung des Städtischen Krankenhauses in Berlin-Neukölln schrieb ich meine Promotionsarbeit.

